

# 発展途上国のケイパビリティの向上に伴う二酸化炭素の排出量変化と緩和策に関する分析

Study on impact of advancement in capabilities on CO2 emission change in developing countries

03\_14900 高山 寛人 Hiroto Takayama  
指導教員 増井 利彦 Adviser Toshihiko Masui

## 1. 研究の背景と目的

持続可能な発展という概念は様々な分野で取り上げられるようになってきているが、その定義は環境容量を用いたものから、生活の質などより高次の観点から展開するものまで、非常に多くの提案がなされている(森田ほか, 1992)。持続可能な発展を達成するためには環境面・経済面・社会面の3つの側面の相互の影響を踏まえる必要がある(Lehtonen, 2004)が、そのような関係を考慮した持続可能な発展の議論で適用の可能性が考えられているのが、アマルティア・センが提唱したケイパビリティ・アプローチである。ケイパビリティの議論においては、人々の生活の質を考慮した開発、経済成長を進めることが、持続可能な社会につながるという考え方が広がっている。

一方、地球温暖化は持続可能な発展と非常に大きな関連があり、今後温暖化対策を持続可能な発展と整合的なものにしていくために、生活の質を重視した発展が温暖化とどう関係しているのか、また温暖化対策にどのような影響があるのかを明らかにする必要がある。本研究では、ケイパビリティの考え方をもとにして、人々の生活の質の向上が社会的に持続可能な発展のみならず、環境負荷である二酸化炭素の排出を抑え、環境面からも望ましい発展につながるのか否かを分析する。また、生活の質の向上が環境から見て望ましい発展につながるののであれば、どのような対策をとることで、それが可能になるのかも明らかにする。

本研究では国連開発計画(UNDP)の人間開発指数(HDI: Human Development Index)と地球温暖化対策に関する具体的な問題について分析を行う。HDIの向上は人々の生活の質の改善に不可欠であるが、エネルギーや電力の需要、さらには交通需要や食料需要などが増加し、その結果、二酸化炭素などの環境負荷を増大させる可能性がある。本研究では、HDIの向上に伴うそのような需要の増大がどの程度環境負荷発生に影響を与えるのかを明らかにするとともに、HDIの向上が環境負荷の増大に寄与するならば、どのような対策をとることで、HDIの向上に伴って発生する環境負荷を抑制することができるのかを明らかにする。なお以下ではデータの制約から、エネルギー、電力需要、二酸化炭素排出量の変化のみを対象として定量的な分析を行う。

## 2. ケイパビリティ・アプローチ

ケイパビリティ・アプローチはUNDPの人間開発報告書やその後の開発方針に多大な影響を与えた。UNDPは人間開発という概念を打ち出し、開発の新たな指標として出したのがHDIである。HDIは長寿で健康な生活、教育、人間らしい生活水準という人間開発の3つの側面を簡略化した数値であり、出生時平均余命、成人識字率、総就学率、一人当たりGDP(購買力平価換算)の尺度を組み合わせ、一国の発展を所得より広範囲に見ることが可能である。HDIは政治的自由や公平性が考慮されていないという問題点もあるが、経済データと社会

データを併せ持つことや各国の総合的な開発レベルの比較可能性の観点から、本研究ではHDIをケイパビリティを示す代理指標として用いることとした。

## 3. 分析の枠組み

ケイパビリティの向上に伴って生活の質が向上する結果、環境負荷が増加する可能性がある。図1は各国のHDIと電化率の関係を示したものであり、HDIの向上により電化が進んでいることがわかる。

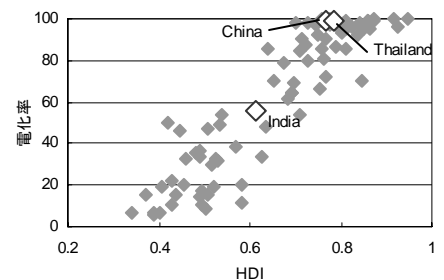


図1 各国のHDIと電化率(2004年)

これは、電力の供給方法によっては、二酸化炭素排出量を増大させる可能性があることを示唆しており、持続可能な社会を構築するためには追加的な施策が必要となる。

そこで、本研究では中国、タイ、インドを対象としてエネルギー及び電力需要を予測し、二酸化炭素排出量の変化について分析を行った。具体的には、まず、世界銀行のWorld Development Indicators 2005のデータをもとに、1975年から2001年までのエネルギー・電力消費量及びHDI指標を整理した。欠損データについては、HDIの定義式に基づいて推計した。次に、GDPとHDI指標を説明変数として、一人当たりエネルギー・電力消費との関係を実証分析した。さらに、将来のGDP推定値や、HDIの目標値として長寿で健康な生活、教育に関連する国連ミレニアム開発目標(MDGs)が達成できるか否かを前提に、2015年のエネルギー・電力需要を推計した。最後に、電力需要に対して、電源構成の想定から発電時の二酸化炭素排出量を算出し、削減の可能性について評価した。なお、ここではエネルギーや電力の消費が増えることで人々の生活が豊かになり、HDIの指標が上昇するなどのフィードバックの効果は含まれておらず、また、エネルギー価格などの影響も考慮していない。

## 4. MDGs達成と環境負荷の可能性

### 4.1 エネルギー・電力需要と人間開発指数との関係の実証分析

本研究では、中国、インド、タイを対象に推計を行った。推定式は以下の通りである。 $ene_{it}$ は国*i*の時点*t*の一人当たりエネルギー消費量、 $ele_{it}$ は一人当たり電力消費量、 $GDP_{it}$ は一人当たりGDP(PPP)、 $CAP_{it}$ はHDI指標の構成要素である平均寿命指数と教育指数を統合した福祉指標である。

$$\ln(ene_{it}) = \beta_{i0}^e + \beta_{i1}^e \ln(GDP_{it}) + \beta_{i2}^e CAP_{it}$$

$$\ln(ele_{it}) = \beta_{i0}^l + \beta_{i1}^l \ln(GDP_{it}) + \beta_{i2}^l CAP_{it}$$

推定結果を表1に示す。ほぼすべてのケースでGDPは有意になり、福祉指標はインドで特に有意になっている。また中国とタイのエネルギーでは福祉指標に対する係数が負になった。統計的に有意でないものもあるが、福祉指標の重要性を分析するために、以下ではこの推計結果を用いた。

### 4.2 シナリオと分析ケースの設定

2015年のGDP、人口、HDI指標について、以下のシナリオを設定した。

経済成長、人口: 一人当たりGDP(PPP)及び各国の将来人口はIEA(International Energy Agency)が発行するWorld Energy Outlook(WEO)2006の基準シナリオで設定されている値が実現する。

表1 推定結果

サンプルサイズ: 各国13	Intercept	ln(GDP)	CAPI	Adjusted R-squared	DW
中国	4.86 (10.0) ***	0.385 (2.30) **	-0.764 (-0.642)	0.965	0.946
一人当たり エネルギー	インド 4.19 (14.4) ***	0.134 (2.35) **	0.834 (6.49) ***	0.995	2.12
タイ	-1.39 (-2.24) **	0.974 (3.03) **	-0.0324 (-0.0180)	0.937	1.03
中国	-0.221 (-0.284)	0.738 (2.75) **	0.769 (0.403)	0.990	1.18
一人当たり 電力	インド 1.39 (1.62)	0.115 (0.684)	3.38 (8.92) ***	0.996	1.25
タイ	-6.93 (-20.3) ***	1.24 (6.98) ***	2.19 (2.17) *	0.993	1.88

括弧内はt値 有意水準\*\*\* 1%, \*\* 5%, \* 10%

長寿で健康な生活:健康に関しては、5歳児未満死亡率が1990年の3分の1に削減されること(MDGsの目標4)が達成された場合の出生時平均余命を設定した。

教育:教育に関しては、全ての子どもが初等教育の全過程を修了すること(MDGsの目標2)が達成された場合、成人識字率、総就学率が100%になると設定した。

以上の設定を用いて、ケイパビリティの向上した状況としてMDGsが達成される状況(MDGケース)を想定し、これらの指標が2004年と比較して改善されない状況(BaUケース)と比較した(表2)。

表2 各ケースで想定する状況

	BaU	MDG
健康指標	2004年比固定	目標4達成
教育指標	2004年比固定	目標2達成
GDP、人口	IEA基準シナリオ	
電源構成	2004年比固定	

以上で想定したシナリオの下での各指標の値を表3に示す。これらの値を基礎にしてエネルギー・電力需要の予測を行った。

表3 想定したシナリオ下での各指標

	出生時平均余命		成人識字率		総就学率		CAPI	
	基準年 2004	MDG 2015	基準年 2004	MDG 2015	基準年 2004	MDG 2015	基準年 2004	MDG 2015
中国	71.1	72.5	90.0	100	70	100	1.60	1.79
インド	63.9	69.0	60.5	100	62	100	1.26	1.73
タイ	69.6	73.4	97.8	100	74	100	1.64	1.81

	一人当たりGDP		人口(百万人)		HDI		
	基準年 2004	WEO 2015	基準年 2004	WEO 2015	基準年 2004	MDG 2015	BaU 2015
中国	5233	11360	1296	1385	0.77	0.92	0.86
インド	2687	5317	1080	1245	0.61	0.86	0.70
タイ	8520	16857	62.42	70.40	0.78	0.93	0.88

#### 4.3 エネルギー・電力需要の予測

前章で示した推計結果を用いて、2015年の電力消費、エネルギー需要量を推計した。図2は基準年と2015年における各国の電力部門でのエネルギー・電力需要量を示している。対象とした3カ国では、MDGsの達成により電力需要は拡大する結果となった。一方、エネルギー需要に関しては、中国、タイではMDGsを達成した状況では減少しているのに対し、インドでは逆に大きく増加していることが分かった。これら

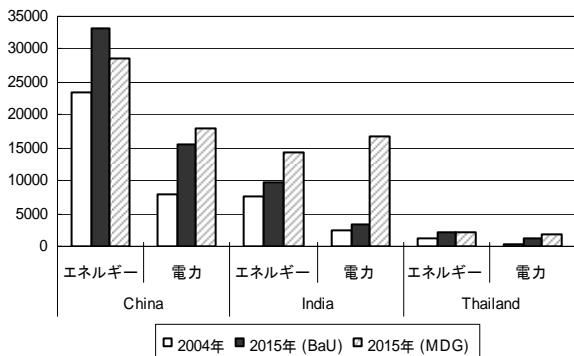


図2 各国のエネルギー・電力需要量 (GJ)

の結果から、中国やタイでは、電化へのシフトが進むことを示している。一方、インドではHDIが大きく改善していることが電力のみならずエネルギー消費そのものの増大に寄与していると考えられる。

#### 4.4 発電により発生する二酸化炭素の排出削減可能性

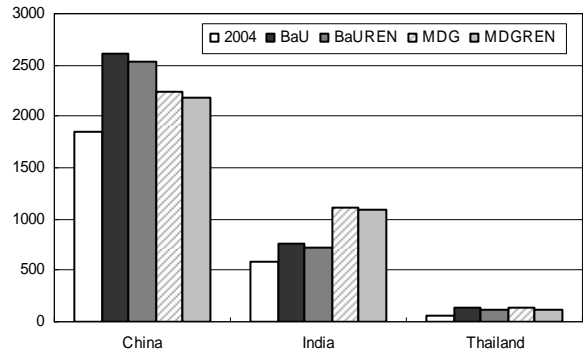


図3 基準年と2015年における各ケースの電力起源二酸化炭素排出量 (Mt-CO2)

HDIの向上により、電力需要が増大することから、現状と同じ電源構成で発電すると二酸化炭素排出量の増加を引き起こす。そこで、それを抑える対策として、各国で設定されている再生可能エネルギー導入目標が実現される場合を想定し、二酸化炭素排出量の変化を比較した。

ここでは各国がそれぞれの国で設定している再生可能エネルギー導入目標を達成すると仮定し、2015年の電源構成と発電部門への各エネルギー投入比を設定した。具体的には投入エネルギーの一定割合(中国、インド:10%、タイ:8%)を再生可能エネルギーに割り当てた。上の2ケースに再生可能エネルギーを導入した状況を想定し、BaUEN、MDGRENケースを設けた。

その結果、MDGRENケースではMDGケースより、中国で約6千万t-CO2、インドで約3千万t-CO2、タイで約3百万t-CO2の削減が行われた。しかし基準年と比較すると、依然として大きく増加しているため、再生可能エネルギーの導入による効果は不十分である。

#### 5. 結論

以上の分析結果より、本研究の結論として以下のことが明らかになった。

- 2015年の中国、インド、タイでは、ケイパビリティの向上によって、電力需要は拡大する。ただしエネルギー需要については、国の社会状況によりケイパビリティの向上により減少する地域がある。
- これらの3カ国で設定されている再生可能エネルギー導入目標は、ケイパビリティの向上と二酸化炭素排出量の抑制の同時達成という視点から、十分ではない。環境面を考慮したケイパビリティを考える際には、健康、教育などとともに、(クリーンな)エネルギー供給が重要な要素になる。今後の課題として、ケイパビリティと環境負荷の関係の表現を改良すること、交通需要など他分野の分析と比較することなどが挙げられる。

[参考文献]

- Lehtonen, M. (2004) 'The environmental-social interface of sustainable development: capabilities, social capital, institutions', *Ecological Economics*, 49 (2), 199-214.
- 森田恒幸ほか (1992) 「地球環境経済政策の目標体系 - 『持続可能な発展』とその指標 -」、『環境研究』, 88, 124-145
- アマルティア・セン (2000) 『自由と経済開発』, 石塚雅彦訳, 日本経済新聞社